



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenl ungungsschrift**
⑩ **DE 198 50 128 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 S 13/44
G 01 S 13/36

②1 Aktenzeichen: 198 50 128.5
②2 Anmeldetag: 30. 10. 98
④3 Offenlegungstag: 27. 5. 99

DE 198 50 128 A 1

③0 Unionspriorität:
P 9-300499 31. 10. 97 JP
⑦1 Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP
⑦4 Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

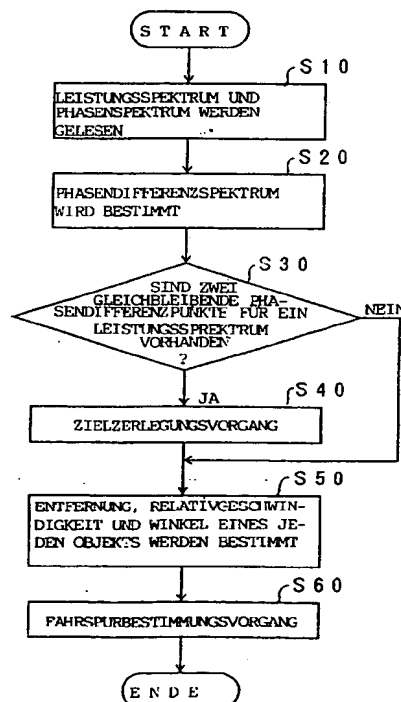
⑦2 Erfinder:
Yamada, Yukinori, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Radargerät zum Erfassen eines jeden von individuellen Zielobjekten basierend auf Reflektionsstrahlen der Objekte

⑤7 Ein Radargerät enthält eine erste Erfassungseinheit (S20, S120) zum Erfassen eines Leistungsspektrums von Reflektionsstrahlen, wobei das Leistungsspektrum eine Frequenzverteilung der Amplituden der Reflektionsstrahlen angibt und eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz aufweist. Eine zweite Erfassungseinheit (S20, S120) erfaßt ein Phasendifferenzspektrum der Reflektionsstrahlen, wobei das Phasendifferenzspektrum eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflektionsstrahlen angibt. Eine dritte Erfassungseinheit (S40, S140) erfaßt eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Eine Spitzenfrequenz erfassungseinheit (S40, S140) erfaßt eine auf jedes individuelle Zielobjekt bezogene Spitzenfrequenz basierend auf der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz des Leistungsspektrums und der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Eine Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) erfaßt Existenzdaten eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf der Anfangsfrequenz des Zielobjekts und einer geschätzten Phasendifferenz des der Spitzenfrequenz des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.



DE 198 50 128 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf ein Radargerät, und im einzelnen auf ein Radargerät zum Erfassen eines jeden von individuellen Zielobjekten basierend auf von den Objekten mittels Empfangsantennen empfangenen Reflexionsstrahlen.

Aus der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 57-142575 ist ein Monopulsradargerät bekannt, bei dem ein Radarstrahl abgestrahlt wird und Reflexionsstrahlen von einem Zielobjekt empfangen werden, so daß eine Entfernung zwischen dem Radargerät und dem Zielobjekt basierend auf den Reflexionsstrahlen erfaßt wird.

Das bekannte Radargerät gemäß der vorgenannten Veröffentlichung umfaßt eine Sendeanenne zum Abstrahlen einer Mikrowelle in einer Vorwärtsrichtung. Zwei Empfangsantennen sind in einer vorgegebenen geometrischen Beziehung zu der Sendeanenne angeordnet und empfangen Reflexionsmikrowellen von einem Zielobjekt. Eine Entfernung zwischen dem Radargerät und dem Zielobjekt wird basierend auf einem Phasenunterschied der durch die Empfangsantennen empfangenen Reflexionsmikrowellen erfaßt.

Allerdings empfängt das bekannte Radargerät gemäß der vorgenannten Veröffentlichung im Falle einer Vielzahl von Zielobjekten mit nahezu gleichen Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten und in nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung Reflexionsmikrowellen von den Zielobjekten, die ein Phasenunterschiedsgemisch der auf die Zielobjekte bezogenen Reflexionsmikrowellen angeben. Bei dem bekannten Radargerät ist das individuelle Erfassen eines jeden Zielobjekts basierend auf den Reflexionsmikrowellen problematisch. Da das Erfassen bei dem bekannten Radargerät lediglich anhand des Phasenunterschieds der durch die Empfangsantennen empfangenen Reflexionsmikrowellen erfolgt, ist ein Unterscheiden des Falls vieler Zielobjekte von dem Fall eines einzelnen Zielobjekts nicht möglich. Daher stellt es für das bekannte Radargerät ein Problem dar, im Falle vieler Zielobjekte das Vorhandensein jedes Zielobjekte individuell zu erfassen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Radargerät zum individuellen Erfassen eines jeden einer Vielzahl von Zielobjekten in einer Vorwärtsrichtung basierend auf durch die Empfangsantennen empfangene Reflexionsstrahlen bereit zustellen, selbst wenn die Zielobjekte annähernd gleiche Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten aufweisen und unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln in der Vorwärtsrichtung angeordnet sind.

Die vorgenannte Aufgabe wird gelöst durch ein Radargerät zum Abstrahlen eines Radarstrahls in einer Vorwärtsrichtung mittels einer Sendeanenne und zum Empfangen von Reflexionsstrahlen von Zielobjekten mittels einer Vielzahl von Empfangsantennen, mit: einer ersten Erfassungseinheit zum Erfassen eines Leistungsspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Leistungsspektrum eine Frequenzverteilung der Amplituden der Reflexionsstrahlen angibt und eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz aufweist; einer zweiten Erfassungseinheit zum Erfassen eines Phasendifferenzspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Phasendifferenzspektrum eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflexionsstrahlen angibt; einer dritten Erfassungseinheit zum Erfassen einer Anfangsfrequenz und einer Endfrequenz einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums; einer Spitzenfrequenzfassungseinheit zum Erfassen einer auf jedes der individuellen Zielobjekte bezogenen Spitzenfrequenz basierend auf der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz des Leistungsspektrums und der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums; und einer Existenzdatenerfassungseinheit zum Erfassen von Existenzdaten eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf der Spitzenfrequenz des Zielobjekts und einer der Spitzenfrequenz des Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums.

Wenn das Phasendifferenzspektrum der Reflexionsstrahlen bei dem erfindungsgemäßen Radargerät eine Vielzahl von gleichbleibenden Phasendifferenzpunkten und das Leistungsspektrum der Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze der Amplituden der Reflexionsstrahlen anzeigt, so wird bestimmt, daß es sich bei dem Leistungsspektrum um ein gemischtes Leistungsspektrum der Amplituden von einer Vielzahl von Zielobjekten betreffenden Reflexionsstrahlen handelt. In diesem Fall führt das erfindungsgemäße Radargerät einen Zielzerlegungsvorgang durch, so daß die Spitzenfrequenz, die Phasendifferenz und die Spitzenamplitude eines jeden der individuellen Zielobjekte anhand des gemischten Leistungsspektrums und des Phasendifferenzspektrums bestimmt werden. Des weiteren werden in dem erfindungsgemäßen Radargerät eine Entfernung eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf dem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts bestimmt, und ein Winkel eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung basierend auf der geschätzten dem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenz. Daher können die Existenzdaten eines jeden der Vielzahl von Zielobjekten durch das erfindungsgemäße Radargerät wirksam ermittelt werden, falls eine Vielzahl von Zielobjekten mit annähernd gleichen Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten und unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung vorhanden sind.

Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Radargeräts gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 ein Flußdiagramm zum Erläutern einer durch eine Signalverarbeitungseinheit des Radargeräts ausgeführten Einzelobjekterfassungssteuerprozedur;

Fig. 3 ein Diagramm zum Erläutern eines Falls, bei dem zwei Zielobjekte mit nahezu gleichen Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu einer Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhanden sind,

Fig. 4A ein Diagramm zum Erläutern einer Beziehung zwischen einer Überlagerungsfrequenz und einem Leistungsspektrum als Resultat einer Mischung zweier Leistungsspektren der Reflexionsstrahlen der in Fig. 3 gezeigten Zielobjekte,

Fig. 4B ein Diagramm zum Erläutern einer Beziehung zwischen einer Überlagerungsfrequenz und einer Phasendifferenz als Resultat der Mischung der beiden Leistungsspektren der Reflexionsstrahlen der in Fig. 3 gezeigten Zielobjekte,

Fig. 5 ein Flußdiagramm zum Erläutern einer anderen durch die Signalverarbeitungseinheit des Radargeräts ausgeführten Einzelobjekterfassungssteuerprozedur, und

Fig. 6 ein Diagramm zum Erläutern einer Mischung zweier Leistungsspektren der Reflexionsstrahlen zweier Zielobjekte.

Es folgt eine Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Radargeräts gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Radargerät gemäß der vorliegenden Erfindung ist in einem Fahrzeug installiert, um ein jedes der in einer Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs befindlichen Zielobjekte individuell zu erfassen.

Gemäß **Fig. 1** führt eine Frequenzmodulationseinheit **10** in dem Radargerät gemäß der vorliegenden Erfindung einem Oszillator **12** ein frequenzmoduliertes Signal mit einem dreieckförmigen Signalverlauf zu. Ein Ausgang des Oszillators **12** ist mit einer Sendeantenne **14** verbunden. Der Oszillator **12** erzeugt ein Frequenzmodulations-Dauerstrichsignal (FMCW) mit einer dem frequenzmodulierten Signal entsprechenden Schwingfrequenz, und die Sendeantenne **14** strahlt einen FMCW-Radarstrahl in der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs aus. Bei dem durch die Sendeantenne **14** abgestrahlten FMCW-Radarstrahl kann es sich um eine Mikrowelle mit einer Wellenlänge im Bereich von ungefähr einem Millimeter bis zu einem Meter handeln.

In dem Radargerät gemäß **Fig. 1** sind Empfangsantennen **20L** und **20R** auf beiden Seiten der Sendeantenne **14** vorgesehen und in einem vorbestimmten Abstand "d" voneinander angeordnet. In der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhandene Reflexionsstrahlen der Zielobjekte werden durch Empfangsantennen **20L** und **20R** empfangen. Das durch die Empfangsantenne **20L** empfangene Reflexionsstrahlsignal wird durch eine Verstärker **22L** verstärkt, und das resultierende Signal wird einem Mischer **24L** zugeführt. Gleichzeitig wird das durch die Empfangsantenne **20R** empfangene Reflexionsstrahlsignal durch einen Verstärker **22R** verstärkt, und das resultierende Signal wird einem Mischer **24R** zugeführt. Ausgänge des Oszillators **12** werden über einen (nicht gezeigten) Richtungskoppler mit den Mixern **24L** und **24R** verbunden.

In jedem der Mixer **24L** und **24R** wird ein Überlagerungssignal durch Mischen des Sendestrahlsignals mit dem empfangenen Reflexionsstrahlsignal erzeugt. Das durch den Mischer **24L** erzeugte Überlagerungssignal wird einem Analog/Digital-Umsetzer (ADC) **26L** zugeführt, und das Überlagerungssignal wird in ein erstes digitales Überlagerungssignal umgewandelt. Das durch den Mischer **24R** erzeugte Überlagerungssignal wird einem Analog/Digital-Umsetzer (ADC) **26R** zugeführt, und das Überlagerungssignal wird in ein zweites digitales Überlagerungssignal umgewandelt. Sowohl das erste digitale Überlagerungssignal an dem Ausgang des ADC **26L** als auch das zweite digitale Überlagerungssignal an dem Ausgang des ADC **26R** werden einer Fast-Fourier-Transformationsverarbeitung-(FFT)-Einheit **30** zugeführt.

Nachfolgend werden das Überlagerungssignal an dem Ausgang des ADC **26L** und das Überlagerungssignal an dem Ausgang des ADC **26R** gemeinsam als die zwei Reflexionsstrahlen bezeichnet, und das Sendestrahlsignal an dem Ausgang des Oszillators **12** wird als der Sendestrahlsignal bezeichnet.

Die FFT-Einheit **30** erzeugt ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum bezüglich eines Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls durch die Fast-Fourier-Transformationsverarbeitung der durch den ADC **26L** und den ADC **26R** zugeführten beiden Reflexionsstrahlen. Das durch die FFT-Einheit **30** erzeugte Leistungsspektrum zeigt eine Frequenzverteilung der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls. Das durch die FFT-Einheit **30** erzeugte Phasenspektrum zeigt eine Frequenzverteilung der Phasen der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls. Des weiteren erzeugt die FFT-Einheit **30** ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum bezüglich eines Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls durch die Fast-Fourier-Transformationsverarbeitung der beiden Reflexionsstrahlen. Das durch die FFT-Einheit **30** erzeugte Leistungsspektrum zeigt eine Frequenzverteilung der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls. Das durch die FFT-Einheit **30** erzeugte Phasenspektrum zeigt eine Frequenzverteilung der Phasen der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls. Diese Leistungsspektren und Phasenspektren der FFT-Einheit **30** werden einer Signalverarbeitungseinheit **32** zugeführt.

In dem Radargerät gemäß dem in **Fig. 1** gezeigten vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Signalverarbeitungseinheit **32** durch einen Mikroprozessor gebildet.

Bei dem Radargerät gemäß **Fig. 1** ist ein in dem Fahrzeug bereitgestellter Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **34** mit der Signalverarbeitungseinheit **32** verbunden. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **34** gibt ein eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs angegebendes Signal an die Signalverarbeitungseinheit **32** aus. Die Signalverarbeitungseinheit **32** erfaßt die Fahrzeuggeschwindigkeit basierend auf dem durch den Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **34** zugeführten Signal.

Bei dem Radargerät gemäß **Fig. 1** ist ein in dem Fahrzeug bereitgestellter Lenkwinkelsensor **36** mit der Signalverarbeitungseinheit **32** verbunden. Der Lenkwinkelsensor **36** gibt einen Lenkwinkel des Fahrzeugs angegebendes Signal an die Signalverarbeitungseinheit **32** aus. Die Signalverarbeitungseinheit **32** erfaßt den Lenkwinkel basierend auf dem durch den Lenkwinkelsensor **36** zugeführten Signal.

Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm zum Erläutern einer durch die Signalverarbeitungseinheit **32** des Radargeräts gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ausgeführten Einzelobjekterfassungssteuerprozedur. Die Ausführung dieser Steuerprozedur durch die Signalverarbeitungseinheit **32** wird in Intervallen mit einer vorbestimmten Zeitdauer wiederholt.

Gemäß **Fig. 2** liest die Signalverarbeitungseinheit **32** zu Beginn der Steuerprozedur in einem Schritt **S10** ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls aus der FFT-Einheit **30** aus. Des weiteren liest die Signalverarbeitungseinheit **32** in dem Schritt **S10** ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls aus der FFT-Einheit **30** aus.

Nach der Durchführung des Schritts **S10** bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **32** in einem Schritt **S20** ein Phasendifferenzspektrum der Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls basierend auf dem Leistungsspektrum und dem Phasenspektrum, die in dem Schritt **S10** gelesen wurden. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **32** in einem Schritt **S20** ein Phasendifferenzspektrum der Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls basierend auf dem Leistungsspektrum und dem Phasenspektrum, die in dem

Schritt S10 gelesen wurden. Das durch die Signalverarbeitungseinheit 32 bestimmte Phasendifferenzspektrum zeigt eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflexionsstrahlen.

Nach der Durchführung des Schritts S20 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S30 eine Bestimmung dahingehend durch, ob eines der Phasendifferenzspektren der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich sowohl des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls als auch des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls, die in dem Schritt S20 bestimmt wurden, zwei gleichbleibende Phasendifferenzpunkte angibt und ob das Leistungsspektrum der beiden Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen zeigt.

Bezüglich des Schritts S30 wird ein Fall angenommen, bei dem zwei Zielobjekte 40 und 41 in nahezu gleicher Entfernung und mit nahezu gleichen Relativgeschwindigkeiten unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhanden sind, wie in Fig. 3 dargestellt ist. In dem Fall gemäß Fig. 3 ist die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20R und dem Objekt 40 um eine Distanz "La" größer als die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20L und dem Objekt 40, und es wird eine Phasendifferenz Φ_a ($\Phi_a = L_a \cdot 2\pi/L$, wobei L die Wellenlänge des Radarstrahls kennzeichnet) zwischen den beiden Reflexionsstrahlen erzeugt. Des weiteren ist die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20L und dem Objekt 41 um eine Distanz "Lb" größer als die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20R und dem Objekt 41, und es wird eine Phasendifferenz Φ_b ($\Phi_b = L_b \cdot 2\pi/L$, wobei L die Wellenlänge des Radarstrahls kennzeichnet) zwischen den beiden Reflexionsstrahlen erzeugt.

Für den Fall gemäß Fig. 3 ist das ein gemischtes Leistungsspektrum der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen angegebene Leistungsspektrum durch eine durchgehende Linie "III" in Fig. 4A dargestellt. Gemäß Fig. 4A zeigt das Leistungsspektrum der beiden Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze "P" der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen. Das Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen ist durch eine durchgehende Linie in Fig. 4B dargestellt. Das in Fig. 4B gezeigte Phasendifferenzspektrum wird durch Subtrahieren des Phasenspektrums des Überlagerungssignals an dem Ausgang des ADC 26L von dem Phasenspektrum des Überlagerungssignals an dem Ausgang des ADC 26R erzeugt. Gemäß Fig. 4B zeigt das Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen im Falle der Fig. 3 zwei gleichbleibende Phasendifferenzpunkte " Φ_a " und " Φ_b ".

Befinden sich tatsächlich zwei Zielobjekte in nahezu gleicher Entfernung mit nahezu gleichen Relativgeschwindigkeiten in der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs, wie beispielsweise in dem Fall gemäß Fig. 3, so ist das Ergebnis in dem Schritt S30 bejahend. Dann bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32, daß die Zielobjekte unter den vorgenannten Bedingungen vorhanden sind, und schreitet zum Schritt S40. Anderenfalls ist das Ergebnis des Schritt S30 verneinend, und die Signalverarbeitungseinheit 32 schreitet zu einem Schritt S50 und führt den Schritt S40 nicht aus.

Unter Rückbezugnahme auf Fig. 2 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S40 einen Zielzerlegungsprozeß durch, wenn das Ergebnis in dem Schritt S30 bejahend ist. Während des Zielzerlegungsprozesses bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Anfangsfrequenz "f0" und eine Endfrequenz "f3" einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums gemäß Fig. 4B. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Spitzenfrequenz "fa" des ausschließlich auf das Zielobjekt 40 bezogenen Reflexionsleistungsspektrums (das in Fig. 4A durch eine gestrichelte Linie "I" gekennzeichnet ist) und eine Spitzenfrequenz "fb" des ausschließlich auf das Zielobjekt 41 bezogenen Reflexionsleistungsspektrums (das in Fig. 4A durch eine gestrichelte Linie "II" gekennzeichnet ist) basierend auf einer Anfangsfrequenz "f1" und einer Endfrequenz "f2" des gemischten Leistungsspektrums "III" gemäß Fig. 4A und basierend auf der Anfangsfrequenz "f0" und der Endfrequenz "f3" der Änderung in dem Phasendifferenzspektrum gemäß Fig. 4B, in Übereinstimmung mit den folgenden Formeln.

$$fa = (f1 + f3)/2 \quad (1)$$

$$fb = (f0 + f2)/2 \quad (2).$$

Unter der Annahme, daß eine typische Amplitudenverteilung eines auf ein einzelnes Zielobjekt bezogenen Leistungsspektrums durch $g(f)$ repräsentiert wird, wird das ausschließlich auf das Zielobjekt 40 bezogene Reflexionsstrahlleistungsspektrum (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie "I" in Fig. 4A) durch $Pa \cdot g(f - fa)$ dargestellt, wobei Pa die Spitzenamplitude des Leistungsspektrums I kennzeichnet, und das ausschließlich auf das Zielobjekt 41 bezogene Reflexionsstrahlleistungsspektrum (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie in "II" in Fig. 4A) wird durch $Pb \cdot g(f - fb)$ dargestellt, wobei Pb die Spitzenamplitude des Leistungsspektrums II kennzeichnet.

Darüber hinaus wird das gemischte Leistungsspektrum $h(f)$ der auf beide Zielobjekte 40 und 41 bezogenen Reflexionsstrahlen (gekennzeichnet durch die durchgehende Linie III in Fig. 4A) durch die nachfolgende Formel dargestellt.

$$h(f) = Pa \cdot g(f - fa) + Pb \cdot g(f - fb) \quad (3).$$

Es werden bekannte Frequenzen $f\alpha$ und $f\beta$ zwischen der Anfangsfrequenz f0 und der Endfrequenz f3 der Änderung der Phasendifferenz gemäß Fig. 4B ausgewählt. Durch Einsetzen der bekannten Frequenzen $f\alpha$ und $f\beta$ in die vorgenannte Formel (3) wird die vorgenannte Formel 3 bezüglich einer jeden der Spitzenamplituden Pa und Pb wie folgt gelöst.

$$Pa = \{h(f\alpha) \cdot g(f\beta - fb) - h(f\beta) \cdot g(f\alpha - fb)\} / \{g(f\alpha - fa) \cdot g(f\beta - fb) - g(f\beta - fa) \cdot g(f\alpha - fb)\} \quad (4)$$

$$Pb = \{h(f\alpha) \cdot g(f\beta - fa) - h(f\beta) \cdot g(f\alpha - fa)\} / \{g(f\alpha - fb) \cdot g(f\beta - fa) - g(f\beta - fb) \cdot g(f\alpha - fa)\} \quad (5).$$

Daher bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 während des Zielzerlegungsprozesses gemäß Schritt S40 die Spitzenfrequenz fa, die Phasendifferenz ($-\Phi_a$) und die Spitzenamplitude Pa basierend auf dem Reflexionsstrahlleistungsspektrum des Objekts 40 (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie I in Fig. 4A) und der Phasendifferenz (gemäß Fig. 4B), und die Spitzenfrequenz fb, die Phasendifferenz Φ_b und die Spitzenamplitude Pb basierend auf dem Reflexionsstrahlleistungsspektrum des Objekts 41 (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie II in Fig. 4A) und der Phasendiffe-

renz (gemäß Fig. 4B).

Nach dem Ausführen des Schritts S40 (oder wenn das Ergebnis im Schritt S30 verneinend ist) führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S50 die Paarbildung zwischen der Spitzenfrequenz eines jeden individuellen Zielobjekts bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls und der Spitzenfrequenz eines jeden individuellen Zielobjekts bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls. In dem Schritt S50 bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Entfernung R eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit V eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf dem Spitzenfrequenzpaar des Zielobjekts. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S50 einen Winkel θ eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs basierend auf einer geschätzten Phasendifferenz des dem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.

Im einzelnen bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S50 eine Relativgeschwindigkeitsfrequenz FD und eine Entfernungsfrequenz FR des Zielobjekts basierend auf der Spitzenfrequenz Fdw des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls und der Spitzenfrequenz Fup des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls, in Übereinstimmung mit den nachfolgenden Formeln:

$$FD = (Fdw - Fup)/2 \quad (6)$$

$$FR = (Fdw + Fup)/2 \quad (7)$$

Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S50 eine Entfernung R eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit V eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf der Relativgeschwindigkeitsfrequenz FD und der Entfernungsfrequenz FR des Zielobjekts unter Verwendung der nachfolgenden Formeln:

$$FD = 2 \cdot V/c \cdot Fo \quad (8)$$

$$FR = 4 \cdot Fm \cdot dF/c \cdot R \quad (9)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit kennzeichnet, Fo eine Mittenfrequenz des FMCW-Radarstrahls, Fm eine Modulationsfrequenz des FMCW-Radarstrahls und dF eine Weite der Frequenzänderung des FMCW-Radarstrahls.

Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S50 einen Winkel θ eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs basierend auf der dem Spitzenfrequenzpaar dieses Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz d Φ .

$$\theta = \sin^{-1}(L \cdot d\Phi)/(2\pi \cdot d) \quad (10)$$

wobei L eine Wellenlänge des Radarstrahls, d den Abstand zwischen der Empfangsantenne 20L und der Empfangsantenne 20R, und d Φ die dem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts entsprechende geschätzte Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums kennzeichnet.

Nachfolgend werden die in dem Schritt S50 bestimmten Entfernung R, Relativgeschwindigkeit V und Winkel θ als Existenzdaten des Zielobjekts bezeichnet.

Nach der Durchführung des Schritts S50 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S60 eine Fahrspurunterscheidungsverarbeitung durch. Während der Fahrspurunterscheidungsverarbeitung bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 einen Kurvenradius einer Fahrspur, auf der das Fahrzeug fährt, basierend auf dem durch den Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 34 zugeführten Signal (das eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs angibt) und dem durch den Lenkwinkelsensor 36 zugeführten Signal (das einen Lenkwinkel des Fahrzeugs angibt). Des weiteren führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S60 eine Bestimmung dahingehend durch, ob sich jedes individuelle Zielobjekt auf der Fahrspur des Fahrzeugs bewegt, basierend auf dem Kurvenradius der Fahrspur, der Entfernung R des Zielobjekts und dem Winkel θ des Zielobjekts. Nach der Durchführung der Fahrspurunterscheidungsverarbeitung gemäß dem Schritt S60 ist die Einzelobjekterfassungssteuerprozedur gemäß Fig. 2 beendet.

Zeigt eines der Phasendifferenzspektren der Reflexionsstrahlen bei der vorstehend beschriebenen Einzelobjekterfassungssteuerprozedur, bezüglich sowohl dem Frequenzanstiegsbereich des Sendestrahls als auch dem Frequenzabnahmebereich des Sendestrahls eine Vielzahl gleichbleibender Phasendifferenzpunkte, während das Leistungsspektrum der Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze der Amplituden der Reflexionsstrahlen zeigt, so wird bestimmt, daß das Leistungsspektrum ein gemischtes Leistungsspektrum der Amplituden der Reflexionsstrahlen einer Vielzahl von Zielobjekten ist. In diesem Fall führt die Signalverarbeitungseinheit 32 des Radargeräts gemäß der vorliegenden Erfindung den Zielzerlegungsprozeß durch, so daß die Spitzenfrequenz, die Phasendifferenz und die Spitzenamplitude eines jeden der individuellen Zielobjekte bestimmt werden. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Entfernung und eine Relativgeschwindigkeit eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf dem Spitzenfrequenzpaar des Zielobjekts, und einen Winkel eines jeden der individuellen Zielobjekte zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs basierend auf der dem Spitzenfrequenzpaar des Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz.

Als nächstes zeigt Fig. 5 ein Flußdiagramm zum Erläutern einer weiteren Einzelobjekterfassungssteuerprozedur, die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 des erfindungsgemäßen Radargeräts ausgeführt wird. Die Ausführung der Steuerprozedur durch die Signalverarbeitungseinheit 32 wird in Intervallen mit einer vorbestimmten Zeitdauer wiederholt.

Gemäß Fig. 5 liest die Signalverarbeitungseinheit 32 zu Beginn der Steuerprozedur in einem Schritt S110 ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls aus der FFT-Einheit 30 aus. Des weiteren liest die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S110 ein Leistungsspektrum und ein Phasenspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich dem Frequenzabnahmebereich des

Sendestrahl aus der FFT-Einheit 30 aus.

Nach der Durchführung des Schritts S110 bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S120 ein Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahl-basierend auf dem Leistungsspektrum und dem Phasenspektrum, die in dem Schritt S110 gelesen wurden. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S120 ein Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahl-basierend auf dem Leistungsspektrum und dem Phasenspektrum, die in dem Schritt S110 gelesen wurden.

Nach der Durchführung des Schritts S120 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Bestimmung dahingehend durch, ob eines der Phasendifferenzspektren der Reflexionsstrahlen bezüglich sowohl des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahl als auch des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahl, die in dem Schritt S120 bestimmt wurden, zwei gleichbleibende Phasendifferenzpunkte zeigt, während die entsprechenden Leistungsspektren der beiden Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen zeigt.

Bezüglich des Schritts S130 wird der Fall angenommen, daß zwei Zielobjekte 40 und 41 in nahezu gleicher Entfernung und mit nahezu gleichen Relativgeschwindigkeiten unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhanden sind, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Im Falle der Fig. 3 ist die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20R und dem Objekt 40 um eine Distanz "La" größer als die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20L und dem Objekt 40, und eine Phasendifferenz Φ_a ($\Phi_a = La \cdot 2\pi/L$, wobei L eine Wellenlänge des Radarstrahls kennzeichnet) der beiden Reflexionsstrahlen wird erzeugt. Des weiteren ist die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20R und dem Objekt 41 um eine Distanz "Lb" größer als die Entfernung zwischen der Empfangsantenne 20L und dem Objekt 41, und eine Phasendifferenz Φ_b ($\Phi_b = Lb \cdot 2\pi/L$, wobei L die Wellenlänge des Radarstrahls kennzeichnet) der beiden Reflexionsstrahlen wird erzeugt.

Im Falle der Fig. 3 ist das ein gemischtes Leistungsspektrum der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen angegebene Leistungsspektrum durch die durchgehende Linie "III" in Fig. 4A dargestellt. Gemäß Fig. 4A zeigt das Leistungsspektrum der beiden Reflexionsstrahlen eine einzelne Spitze "P" der Amplituden der beiden Reflexionsstrahlen. Das Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen ist durch die durchgehende Linie in Fig. 4B dargestellt. Gemäß Fig. 4B zeigt das Phasendifferenzspektrum der beiden Reflexionsstrahlen im Falle der Fig. 3 zwei gleichbleibenden Phasendifferenzpunkte " $-\Phi_a$ " und " Φ_b ".

Befinden sich zwei Zielobjekte in nahezu gleichen Entfernungen und mit nahezu gleichen Relativgeschwindigkeiten tatsächlich unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs, wie beispielsweise im Falle der Fig. 3, so ist das Ergebnis in dem Schritt S130 bejahend. Dann bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32, daß die Zielobjekte unter den vorgenannten Bedingungen existieren, und schreitet zu dem Schritt S140 (der später beschrieben wird).

Ist das Ergebnis des Schritts S130 verneinend, so bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32, daß keine Zielobjekte unter den vorgenannten Bedingungen existieren, und schreitet zu einem Schritt S131 (der später beschrieben wird) und führt den Schritt S140 nicht aus.

Unter Rückbezugnahme auf Fig. 5 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S140 einen Zielzerlegungsvorgang durch, wenn das Ergebnis in dem Schritt S130 bejahend ist. Während des Zielzerlegungsvorgangs bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Spitzenfrequenz "fa" des ausschließlich auf das Zielobjekt 40 bezogenen Leistungsspektrums (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie "I" in Fig. 4A) und eine Spitzenfrequenz "fb" des ausschließlich auf das Zielobjekt 41 bezogenen Reflexionsleistungsspektrums (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie "II" in Fig. 4A) basierend auf der Anfangsfrequenz "f1" und der Endfrequenz "f2" des gemischten Leistungsspektrums III gemäß Fig. 4A und der Anfangsfrequenz "f0" und der Endfrequenz "f3" der Änderung in der Phasendifferenz gemäß Fig. 4B, in Übereinstimmung mit den vorgenannten Formeln (1) und (2).

Unter der Annahme, daß eine typische Verteilung der Amplituden eines auf ein einzelnes Zielobjekt bezogenen Reflexionsstrahlleistungsspektrums durch $g(f)$ dargestellt wird, ergibt sich das auf das Zielobjekt 40 bezogene Reflexionsstrahlleistungsspektrum (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie "I" in Fig. 4A) aus $P_a \cdot g(f - f_a)$, wobei P_a die Spitzenamplitude des Leistungsspektrums I kennzeichnet, und das auf das Zielobjekt 41 bezogene Reflexionsstrahlleistungsspektrum (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie "II" in Fig. 4A) aus $P_b \cdot g(f - f_b)$, wobei P_b die Spitzenamplitude des Leistungsspektrums II kennzeichnet.

Darüber hinaus wird das auf beide Zielobjekte 40 und 41 bezogene gemischte Leistungsspektrum $h(f)$ der Reflexionsstrahlen (gekennzeichnet durch die durchgehende Linie III in Fig. 4A) durch die vorgenannte Formel (3) dargestellt. Es werden bekannte Frequenzen f_a und f_b zwischen der Anfangsfrequenz f_0 und der Endfrequenz f_3 der Änderung in der Phasendifferenz gemäß Fig. 4B ausgewählt. Durch Einsetzen der bekannten Frequenzen f_a und f_b in die vorgenannte Formel (3) wird die vorgenannte Formel (3) bezüglich einer jeden der Spitzenamplituden P_a und P_b entsprechend den vorgenannten Formeln (4) und (5) gelöst.

Daher bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 während des Zielzerlegungsvorgangs gemäß dem Schritt S140 die Spitzenfrequenz f_a , die Phasendifferenz ($-\Phi_a$) und die Spitzenamplitude P_a basierend auf dem Reflexionsstrahlleistungsspektrum des Objekts 40 (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie I in Fig. 4A) und dessen Phasendifferenzspektrum (gemäß Fig. 4B), und bestimmt die Spitzenfrequenz f_b , die Phasendifferenz Φ_b und die Spitzenamplitude P_b basierend auf dem Reflexionsstrahlleistungsspektrum des Objekts 41 (gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie II in Fig. 4A) und dessen Phasendifferenzspektrum (gemäß Fig. 4B). Nach der Durchführung des Schritts S140 schreitet die Signalverarbeitungseinheit 32 zu einem Schritt S150 (der später beschrieben wird).

Ist das Ergebnis des Schritts S130 verneinend, so führt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Bestimmung dahingehend durch, ob der Zielzerlegungsvorgang gemäß dem Schritt S140 während eines vorhergehenden Zyklus durchgeführt wurde.

Ist das Ergebnis in dem Schritt S131 bejahend, so wird bestimmt, daß in dem vorhergehenden Zyklus Zielobjekte unter den vorgenannten Bedingungen existierten, wobei diese die vorgenannten Bedingungen aber in dem vorliegenden Zyklus nicht mehr erfüllen. In einem Schritt S132 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Bestimmung dahingehend

durch, ob die in dem vorliegenden Zyklus bestimmte Phasendifferenz und Spitzenamplitude jeweils mit der Phasendifferenz und Spitzenamplitude des in dem vorhergehenden Zyklus bestimmten gemischten Leistungsspektrums übereinstimmen.

Bezüglich des Schritts S132 zeigt Fig. 6 eine Mischung zweier Leistungsspektren der Reflexionsstrahlen zweier Zielobjekte.

Gemäß Fig. 6 sind das ausschließlich auf das Zielobjekt 40 bezogene Leistungsspektrum und das ausschließlich auf das Zielobjekt 41 bezogene Leistungsspektrum durch zwei Vektoren in einer komplexen Ebene dargestellt. In Fig. 6 ist das Leistungsspektrum des Reflexionsstrahls des Zielobjekts 40 durch eine mit dem Vektorwinkel übereinstimmende Phasendifferenz $(-\Phi_a)$ und eine mit der Vektorlänge übereinstimmende Spitzenamplitude P_a angegeben. Das Leistungsspektrum des Reflexionsstrahls des Zielobjekts 41 ist durch eine mit dem Vektorwinkel übereinstimmende Phasendifferenz Φ_b und eine mit der Vektorlänge übereinstimmende Spitzenamplitude P_b angegeben. Ein gemischtes Leistungsspektrum als Resultat einer Mischung der beiden Leistungsspektren ist durch die Resultierende der beiden in Fig. 6 gezeigten Vektoren gegeben. Die Phasendifferenz θ und die Spitzenamplitude AMP des gemischten Leistungsspektrums werden durch die nachfolgenden Formeln dargestellt.

$$\theta = \tan^{-1} \{ [P_a \cdot \sin(-\Phi_a) + P_b \cdot \sin\Phi_b] / [P_a \cdot \cos(-\Phi_a) + P_b \cdot \cos\Phi_b] \} \quad (11)$$

$$AMP = \sqrt{[P_a^2 + P_b^2 + 2P_a \cdot P_b \cdot \cos\{\Phi_b - (-\Phi_a)\}]} \quad (12)$$

Wenn die in dem vorliegenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz und Spitzenamplitude jeweils mit den in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz und Spitzenamplitude des gemischten Leistungsspektrums übereinstimmen, so ist das Ergebnis in dem Schritt S132 bejahend. Es wird bestimmt, daß beide Zielobjekte mit annähernd gleichen Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten in dem vorliegenden Zyklus immer noch unter den nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhanden sind. Danach führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S133 einen Zielzerlegungsvorgang unter Verwendung der in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenzen $(-\Phi_a)$ und Φ_b durch. Nach der Durchführung des Schritts S133 schreitet die Signalverarbeitungseinheit 32 zu dem Schritt S150.

Stimmen die in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz und Spitzenamplitude nicht mit den in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz und Spitzenamplitude überein, so ist das Ergebnis in dem Schritt S132 verneinend. Es wird bestimmt, daß die Zielobjekte unter den vorgenannten Bedingungen in dem vorliegenden Zyklus nicht mehr vorhanden sind. Danach führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S134 eine Bestimmung dahingehend durch, ob die in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz und Spitzenamplitude jeweils mit der in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz $(-\Phi_a)$ und Spitzenamplitude P_a übereinstimmen.

Ist das Ergebnis in dem Schritt S134 bejahend, so wird bestimmt, daß das Zielobjekt 41 die Fahrspur des Fahrzeugs gerade verlassen hat und daß sich in dem vorliegenden Zyklus lediglich das Zielobjekt 40 noch immer auf der Fahrspur des Fahrzeugs bewegt. Danach bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S135 die Zuordnung zwischen dem Zielobjekt 40 und der in dem vorliegenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz und Spitzenamplitude. Nach der Durchführung des Schritts S135 schreitet die Signalverarbeitungseinheit 32 zu dem Schritt S150.

Ist das Ergebnis in dem Schritt S134 verneinend, so führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S136 eine Bestimmung dahingehend durch, ob die in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz und Spitzenamplitude jeweils mit der in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz Φ_b und Spitzenamplitude P_b übereinstimmen.

Ist das Ergebnis in dem Schritt S136 bejahend, so wird bestimmt, daß das Zielobjekt 40 gerade die Fahrspur des Fahrzeugs verlassen hat und daß sich in dem vorliegenden Zyklus lediglich das Zielobjekt 41 noch immer auf der Fahrspur des Fahrzeugs bewegt. Danach bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S137 die Zuordnung zwischen dem Zielobjekt 41 und der in dem vorliegenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz und Spitzenamplitude. Nach der Durchführung des Schritts S137 schreitet die Signalverarbeitungseinheit 32 zu dem Schritt S150.

Ist das Ergebnis in dem Schritt S136 verneinend, so schreitet die Signalverarbeitungseinheit 32 zu dem Schritt S150 und führt den Schritt S137 nicht aus.

Gemäß Fig. 5 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S150 die Paarbildung zwischen der Spitzenfrequenz eines jeden individuellen Zielobjekts bezüglich des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls und der Spitzenfrequenz eines jeden individuellen Zielobjekts bezüglich des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls durch. In dem Schritt S150 bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 eine Entfernung R eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit V eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf dem Spitzenfrequenzpaar des Zielobjekts. Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S150 einen Winkel θ eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs basierend auf der dem Spitzenfrequenzpaar des Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz.

In einzelnen bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S150 eine Relativgeschwindigkeitsfrequenz FD und eine Entfernungsfrequenz FR des Zielobjekts basierend auf der Spitzenfrequenz F_{up} des Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls und der Spitzenfrequenz F_{up} des Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls, in Übereinstimmung mit den vorgenannten Formeln (6) und (7). Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S150 eine Entfernung R eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit V eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf der Relativgeschwindigkeitsfrequenz FD und der Entfernungsfrequenz FR dieses Zielobjekts unter Verwendung der vorgenannten Formeln (8) und (9). Des weiteren bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S150 einen Winkel θ eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs basierend auf der dem Paar der Spitzenfrequenzen dieses Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz $d\Phi$ in Übereinstimmung mit der vorgenannten Formel (10).

Nach der Durchführung des Schritts S150 führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in einem Schritt S160 eine Fahrspurunterscheidungsverarbeitung durch. Während der Fahrspurunterscheidungsverarbeitung bestimmt die Signalverar-

beitungseinheit 32 einen Kurvenradius einer Fahrspur, auf der das Fahrzeug fährt, basierend auf dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 34 zugeführten Signal (das eine Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs angibt) und dem von dem Lenkwinkelsensor 36 zugeführten Signal (das einen Lenkwinkel des Fahrzeugs angibt). Des weiteren führt die Signalverarbeitungseinheit 32 in dem Schritt S160 eine Bestimmung dahingehend durch, ob sich ein jedes individuelles Zielobjekt auf der Fahrspur des Fahrzeugs bewegt, basierend auf dem Kurvenradius der Fahrspur, der Entfernung R des Zielobjekts und dem Winkel θ des Zielobjekts. Nach der Durchführung der Fahrspurunterscheidungsverarbeitung gemäß dem Schritt S160 ist die Einzelobjekterfassungssteuerprozedur gemäß Fig. 5 beendet.

Bei der vorstehend beschriebenen Einzelobjekterfassungssteuerprozedur wird die in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz mit der Phasendifferenz des in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen gemischten Leistungsspektrums verglichen, um festzustellen, ob die Zielobjekte mit nahezu gleichen Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten in dem vorliegenden Zyklus noch immer unter nahezu symmetrischen Richtungswinkeln zu der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs vorhanden sind. Das Radargerät gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann das Vorhandensein eines jeden der individuellen Zielobjekte in der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs auch dann richtig erfassen, wenn das Phasendifferenzspektrum keine gleichbleibende Phasendifferenzpunkte anzeigt. Des weiteren kann das Radargerät gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das Vorhandensein eines jeden individuellen Zielobjekts in der Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs auch dann korrekt erfassen, wenn eines der Zielobjekte die Fahrspur des Fahrzeugs gerade verlassen hat.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S10 und S110 eine erste Erfassungseinheit bereitgestellt zum Erfassen eines Leistungsspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Leistungsspektrum eine Frequenzverteilung der Amplituden der reflektierten Strahlen anzeigt und eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz aufweist. Durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 durchgeführten Schritte S20 oder S120 wird eine zweite Erfassungseinheit bereitgestellt zum Erfassen eines Phasendifferenzspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Phasendifferenzspektrum eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflexionsstrahlen angibt. Durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S40 oder S140 wird eine dritte Erfassungseinheit bereitgestellt zum Erfassen einer Anfangsfrequenz und einer Endfrequenz einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Darüber hinaus wird durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S40 oder S140 eine Spitzenfrequenzfassungseinheit bereitgestellt zum Erfassen einer auf jedes der individuellen Zielobjekte bezogenen Spitzenfrequenz basierend auf der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz des Leistungsspektrums und der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S50 oder S150 wird eine Existenzdatenerfassungseinheit bereitgestellt zum Erfassen von Existenzdaten eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf der Spitzenfrequenz des Zielobjekts und einer geschätzten Phasendifferenz des der Spitzenfrequenz des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.

Des weiteren wird in den vorgenannten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S131 bis S132 eine Vergleichseinheit bereitgestellt zum Bestimmen, ob eine in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz mit einer in einem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz eines gemischten Leistungsspektrums übereinstimmt, wenn das Phasendifferenzspektrum keine Vielzahl gleichbleibender Phasendifferenzpunkte anzeigt. Durch die durch die Signalverarbeitungseinheit 32 ausgeführten Schritte S133 bis S137 wird eine Existenzbeurteilungseinheit bereitgestellt zum Bestimmen des Vorhandenseins eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf einem Ergebnis der Bestimmung durch die Vergleichseinheit.

Zusammenfassend enthält das Radargerät eine erste Erfassungseinheit zum Erfassen eines Leistungsspektrums von Reflexionsstrahlen, wobei das Leistungsspektrum eine Frequenzverteilung der Amplituden der Reflexionsstrahlen angibt und eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz aufweist. Eine zweite Erfassungseinheit erfaßt ein Phasendifferenzspektrum der Reflexionsstrahlen, wobei das Phasendifferenzspektrum eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflexionsstrahlen angibt. Eine dritte Erfassungseinheit erfaßt eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Eine Spitzenfrequenzfassungseinheit erfaßt eine auf jedes individuelle Zielobjekt bezogene Spitzenfrequenz basierend auf der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz des Leistungsspektrums und der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums. Eine Existenzdatenerfassungseinheit erfaßt Existenzdaten eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf der Anfangsfrequenz des Zielobjekts und einer geschätzten Phasendifferenz des der Spitzenfrequenz des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.

Patentansprüche

1. Radargerät zum Aussenden eines Sendestrahl in einer Vorwärtsrichtung mittels einer Sendeantenne und zum Empfangen von Reflexionsstrahlen von Zielobjekten mittels einer Vielzahl von Empfangsantennen, mit:

- a) einer ersten Erfassungseinheit (S10, S110) zum Erfassen eines Leistungsspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Leistungsspektrum eine Frequenzverteilung der Amplituden der Reflexionsstrahlen angibt und eine Anfangsfrequenz und eine Endfrequenz aufweist,
- b) einer zweiten Erfassungseinheit (S20, S120) zum Erfassen eines Phasendifferenzspektrums der Reflexionsstrahlen, wobei das Phasendifferenzspektrum eine Frequenzverteilung der Phasendifferenzen der Reflexionsstrahlen angibt,
- c) einer dritten Erfassungseinheit (S40, S140) zum Erfassen einer Anfangsfrequenz und einer Endfrequenz einer Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums,
- d) einer Spitzenfrequenzfassungseinheit (S40, S140) zum Erfassen einer auf jedes der Zielobjekte bezogenen Spitzenfrequenz basierend auf der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz des Leistungsspektrums und der Anfangsfrequenz und der Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums, und
- e) eine Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) zum Erfassen von Existenzdaten eines jeden der individu-

- ellen Zielobjekte basierend auf der Spitzenfrequenz des Zielobjekts und einer geschätzten Phasendifferenz des der Spitzenfrequenz des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.
2. Radargerät nach Anspruch 1, wobei die Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) Existenzdaten erfasst, die eine Entfernung eines jeden individuellen Zielobjekts, eine Relativgeschwindigkeit eines jeden individuellen Zielobjekts und einen Winkel eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung enthalten.
 3. Radargerät nach Anspruch 1, wobei das Radargerät weiterhin umfasst:
eine Vergleichseinheit (S131 bis S132) zum Bestimmen, ob eine in einem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz mit einer in einem vorhergehenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz eines gemischten Leistungsspektrums übereinstimmt, wenn das Phasendifferenzspektrum keine Vielzahl gleichbleibender Phasendifferenzpunkte angibt, und
eine Existenzbeurteilungseinheit (S134 bis S137) zum Bestimmen des Vorhandenseins eines jeden der individuellen Zielobjekte basierend auf einem Ergebnis der Bestimmung durch die Vergleichseinheit.
 4. Radargerät nach Anspruch 3, wobei dann, wenn die in dem vorliegenden Zyklus erhaltene Phasendifferenz mit einer in dem vorhergehenden Zyklus erhaltenen, auf eines der Zielobjekte bezogenen Phasendifferenz übereinstimmt, die Existenzbeurteilungseinheit (S134 bis S137) die Zuordnung des einen der Zielobjekte zu der in dem vorliegenden Zyklus erhaltenen Phasendifferenz bestimmt.
 5. Radargerät nach Anspruch 1, wobei die dritte Erfassungseinheit (S40, S140) die Anfangsfrequenz und die Endfrequenz der Änderung in der Phasendifferenz des Phasendifferenzspektrums erfasst, wenn das Phasendifferenzspektrum eine Vielzahl von Phasendifferenzpunkten angibt und das Leistungsspektrum eine einzelne Spitze der Amplituden der Reflexionsstrahlen angibt.
 6. Radargerät nach Anspruch 1, wobei die Spitzenfrequenzermassungseinheit (S40, S140) die auf jedes der individuellen Zielobjekte bezogene Spitzenfrequenz erfasst, wenn das Phasendifferenzspektrum eine Vielzahl gleichbleibender Phasendifferenzpunkte angibt und das Leistungsspektrum eine einzelne Spitze der Amplituden der Reflexionsstrahlen angibt.
 7. Radargerät nach Anspruch 1, wobei die Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) eine Relativgeschwindigkeit, eine Entfernungsfrequenz FD und eine Entfernungsfrequenz FR eines jeden individuellen Zielobjekts basierend auf einer Spitzenfrequenz Fdw eines Frequenzabnahmebereichs des Sendestrahls und einer Spitzenfrequenz Fup eines Frequenzanstiegsbereichs des Sendestrahls bestimmt in Übereinstimmung mit den Formeln:
$$FD = (Fdw - Fup)/2 \text{ und } FR = (Fdw + Fup)/2.$$
 8. Radargerät nach Anspruch 7, wobei die Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) eine Entfernung R eines jeden individuellen Zielobjekts und eine Relativgeschwindigkeit V eines jeden individuellen Zielobjekts bestimmt basierend auf der Relativgeschwindigkeitsfrequenz FD und der Entfernungsfrequenz FR des Zielobjekts unter Verwendung der Formeln:
$$FD = 2 \cdot V/c \cdot F_0 \text{ und } FR = 4 \cdot F_m \cdot dF/c \cdot R,$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit kennzeichnet, F₀ eine Mittenfrequenz des Sendestrahls, F_m eine Modulationsfrequenz des Sendestrahls, und dF eine Weite einer Frequenzänderung des Sendestrahls.
 9. Radargerät nach Anspruch 8, wobei die Existenzdatenerfassungseinheit (S50, S150) einen Winkel θ eines jeden individuellen Zielobjekts zu der Vorwärtsrichtung basierend auf einem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts entsprechenden geschätzten Phasendifferenz dΦ bestimmt in Übereinstimmung mit der Formel: $\theta = \sin^{-1}((L \cdot d\Phi)/(2\pi \cdot d))$, wobei L eine Wellenlänge des Sendestrahls kennzeichnet, d eine vorbestimmte Distanz zwischen den Empfangsantennen, und dΦ die geschätzte Phasendifferenz des dem Paar der Spitzenfrequenzen des Zielobjekts entsprechenden Phasendifferenzspektrums.
 10. Radargerät nach Anspruch 1, wobei die Empfangsantennen zwei Empfangsantennen (20L, 20R) umfassen, die auf beiden Seiten der Sendeanenne in einem vorbestimmten Abstand voneinander angeordnet sind.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

11.11.11



015

11.11.11

11.11.11

11.11.11
11.11.11
11.11.11

11.11.11

11.11.11

11.11.11
11.11.11

F I G. 1

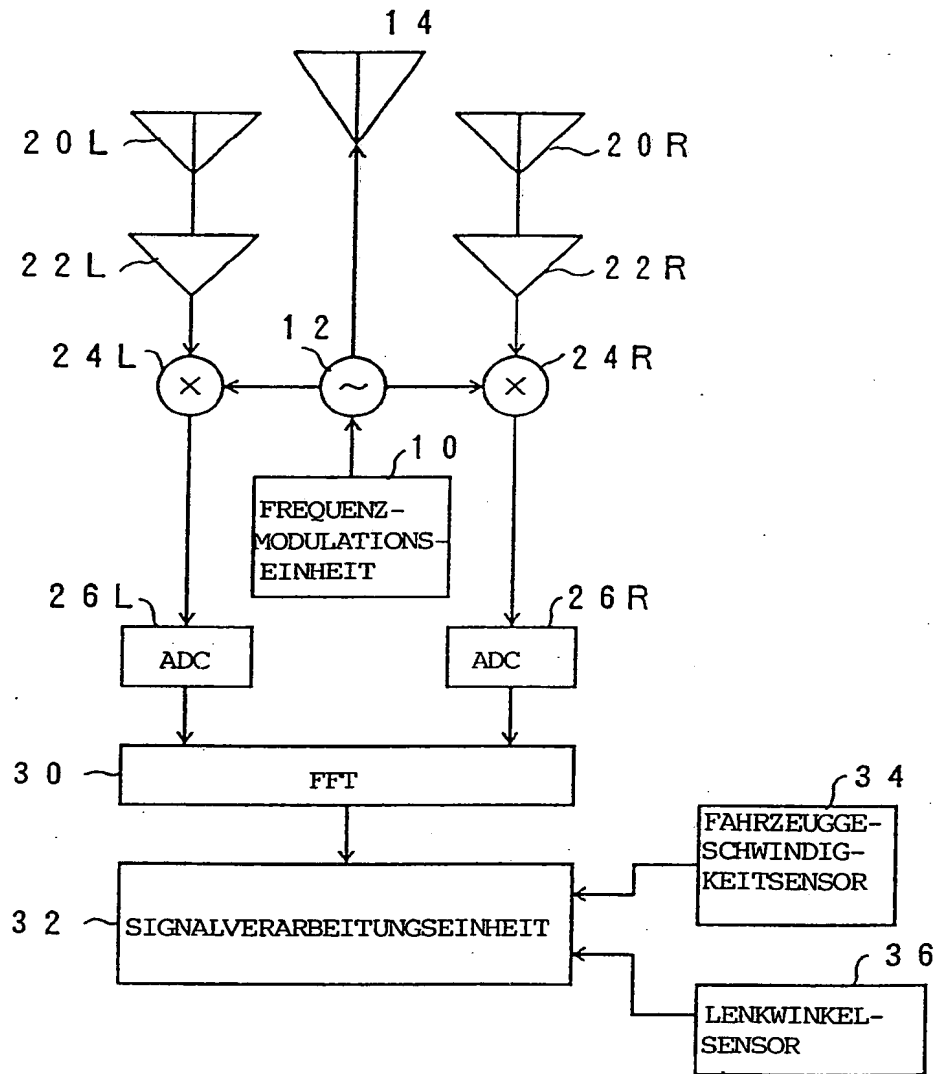


FIG. 2

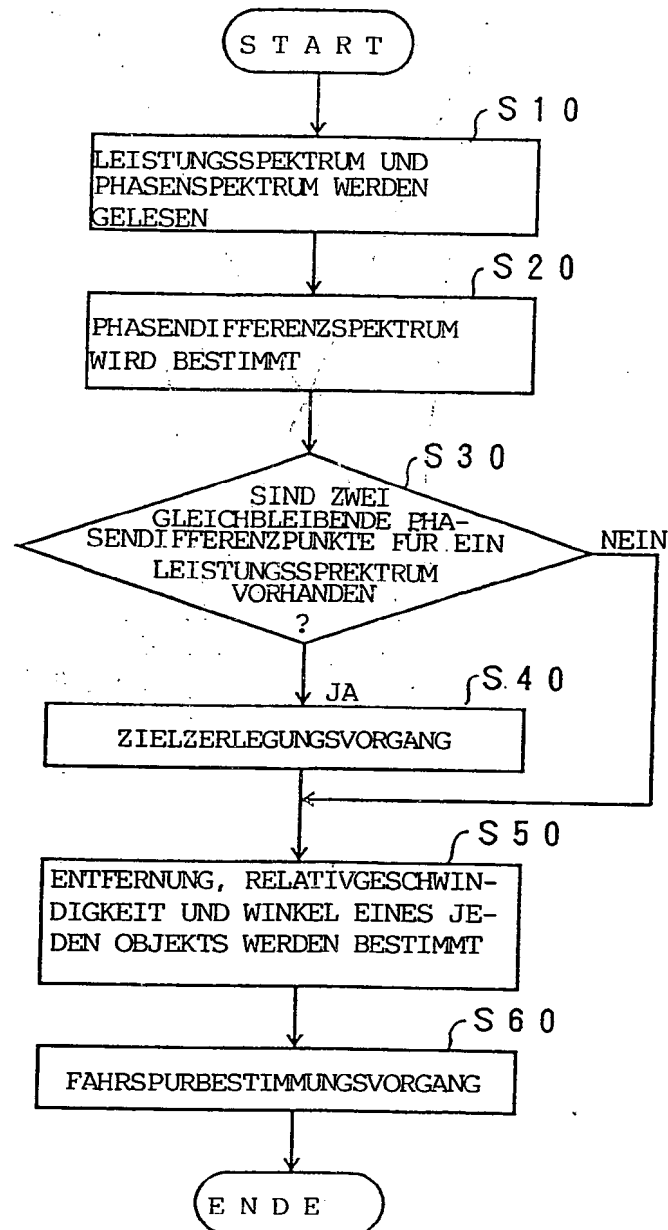


FIG. 3

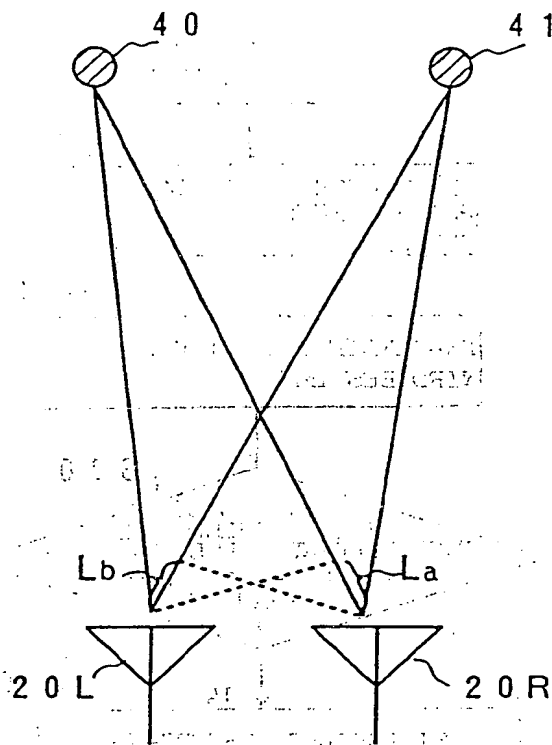


FIG. 3

FIG. 4A

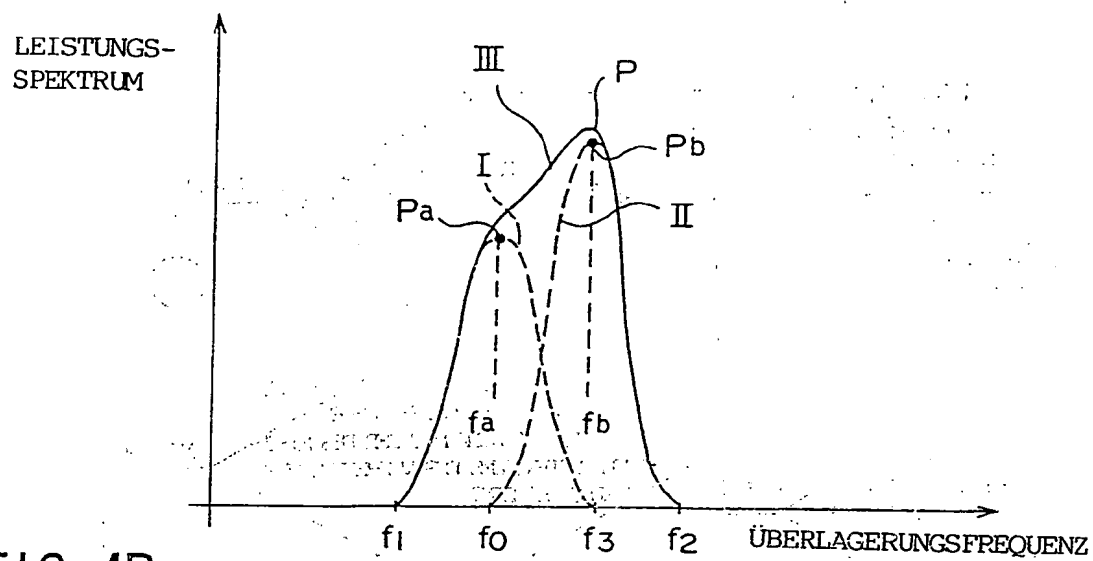


FIG. 4B

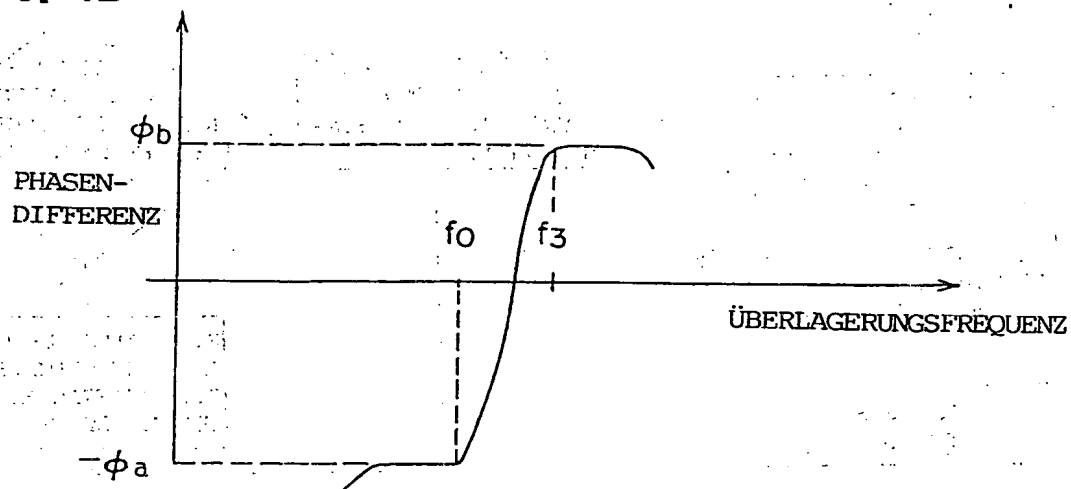


FIG. 5

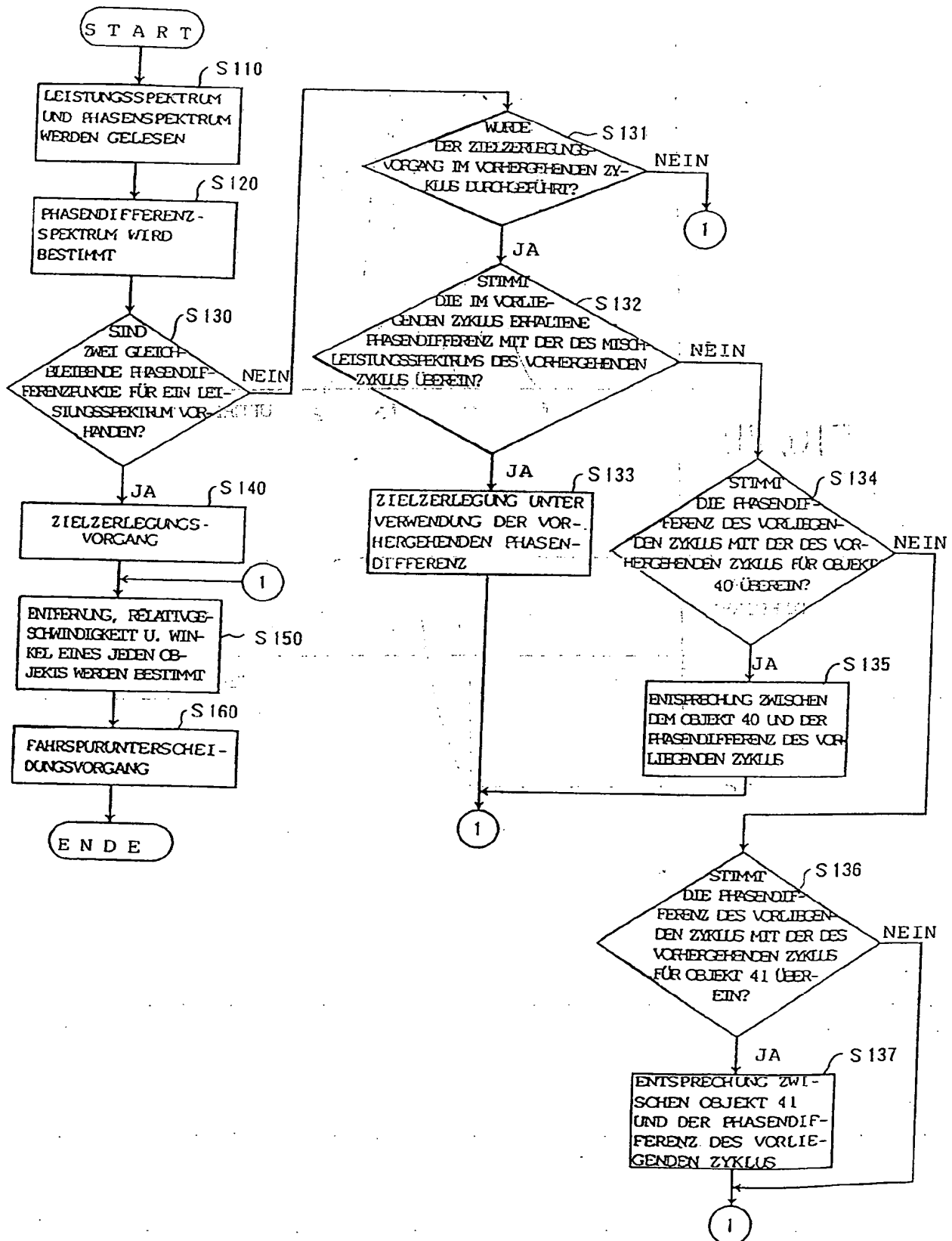
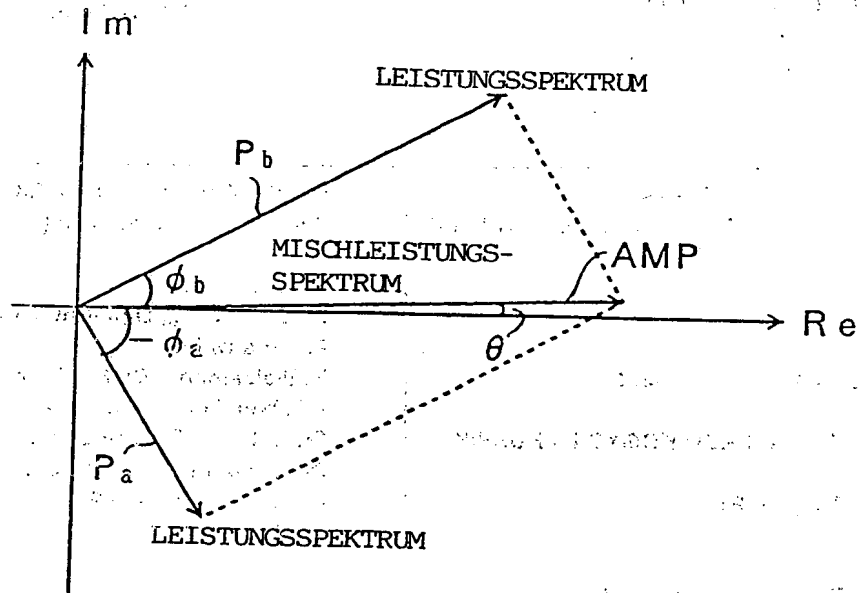


FIG. 6



Die in der Figur 6 dargestellte Vektordiagramm zeigt die Beziehung zwischen dem realen Leistungsanteil (Re) und dem imaginären Leistungsanteil (Im). Der Vektor, der vom Ursprung in den ersten Quadranten zeigt, stellt das Mischleistungsspektrum dar. Der Vektor, der vom Ende des Mischleistungsspektrums in den zweiten Quadranten zeigt, stellt das Leistungsspektrum dar. Der Winkel zwischen dem Mischleistungsspektrum und der positiven Realachse ist mit ϕ_b bezeichnet. Der Winkel zwischen dem Leistungsspektrum und der negativen Realachse ist mit ϕ_a bezeichnet. Der Winkel zwischen den beiden Vektoren ist mit θ bezeichnet. Die Länge des Mischleistungsspektrums ist mit P_b und die Länge des Leistungsspektrums ist mit P_a bezeichnet. Der Winkel θ ist auch als 'AMP' (Amplitude) bezeichnet.

Die in der Figur 6 dargestellte Vektordiagramm zeigt die Beziehung zwischen dem realen Leistungsanteil (Re) und dem imaginären Leistungsanteil (Im). Der Vektor, der vom Ursprung in den ersten Quadranten zeigt, stellt das Mischleistungsspektrum dar. Der Vektor, der vom Ende des Mischleistungsspektrums in den zweiten Quadranten zeigt, stellt das Leistungsspektrum dar. Der Winkel zwischen dem Mischleistungsspektrum und der positiven Realachse ist mit ϕ_b bezeichnet. Der Winkel zwischen dem Leistungsspektrum und der negativen Realachse ist mit ϕ_a bezeichnet. Der Winkel zwischen den beiden Vektoren ist mit θ bezeichnet. Die Länge des Mischleistungsspektrums ist mit P_b und die Länge des Leistungsspektrums ist mit P_a bezeichnet. Der Winkel θ ist auch als 'AMP' (Amplitude) bezeichnet.